



TRABALHO FINAL

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

Barotrauma do ouvido médio no mergulho

Gonçalo Nuno Freitas Batista

Abril 2020



TRABALHO FINAL

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

Barotrauma do ouvido médio no mergulho

Gonçalo Nuno Freitas Batista

Orientado por:

Dr. Filipe Caldeira

Abril 2020

Resumo

Ao longo das últimas décadas, o mergulho recreativo tem vindo a ganhar muita popularidade. Apesar desta prática desportiva ser considerada segura, acarreta alguns riscos, nomeadamente na área da otorrinolaringologia.

O ambiente subaquático implica alterações fisiológicas associadas principalmente a grandes profundidades, no entanto, o mergulho a pequenas profundidades pode levar ao barotrauma.

O barotrauma do ouvido médio, considerado a lesão mais comum no mergulho, ocorre em 30% dos mergulhadores inexperientes e em 10% dos mergulhadores experientes. Este é provocado por um desequilíbrio de pressão entre a cavidade do ouvido médio em relação à pressão ambiente no exterior do corpo, mais precisamente, à pressão da água exercida na profundidade em que o mergulhador se encontra.

A falta de treino e de conhecimento dos mergulhadores menos experientes no momento de realização das manobras de equalização, essenciais para a realização de um correto mergulho, pode conduzir ao barotraumatismo. Existem inúmeras manobras de equalização do ouvido médio, sendo a de Valsava a mais utilizada pelos mergulhadores.

A prevenção é extremamente importante pois pode evitar a ocorrência de barotrauma ou até a sua recorrência. Deste modo, é aconselhável que, antes do mergulho, o mergulhador recorra a um especialista a fim de diagnosticar e tratar possíveis alterações a nível do ouvido que impeçam uma segura prática do mergulho.

Palavras-chave: mergulho, barotrauma do ouvido médio, técnicas de equalização, prevenção

Abstract

Over the past few decades, recreational diving has gained a lot of popularity. Although this sport practice is considered safe, it carries some risks, notably in the area of otolaryngology.

The underwater environment implies physiological changes associated mainly with great depths. However, diving at small depths can lead to barotrauma.

Middle ear barotrauma, considered the most common diving injury, occurs in 30% of inexperienced divers and in 10% of experienced divers. This is caused by an imbalance of pressure between the middle ear cavity in relation to the environment pressure outside the body, more precisely, to the water pressure exerted at the depth which the diver is.

The lack of training and knowledge of less experienced divers, at the moment of carrying out the equalization maneuvers, which is essential for accomplishment of a correct dive, can lead to barotrauma. There are numerous middle ear equalization maneuvers, with Valsava being the most used by divers.

Prevention is extremely important as it can prevent the occurrence of barotrauma or even its recurrence. Therefore, it is advisable that, before diving, the diver goes to a specialist to diagnose and treat possible ear changes that prevent a safe practice of diving.

Keywords: diving, middle ear barotrauma, equalization techniques, prevention

O Trabalho Final exprime a opinião do autor e não da FML.

Índice

Introdução.....	6
1. Princípios físicos do mergulho.....	8
1.1. Lei de Boyle.....	8
1.2. Lei de Dalton.....	9
1.3. Lei de Henry.....	9
2. Barotraumatismo do ouvido médio.....	9
2.1. Técnicas de equalização.....	11
2.2. Clínica.....	11
2.3. Tratamento.....	15
2.4. Prevenção.....	15
Agradecimentos.....	17
Bibliografia.....	18

Introdução

O Homem habita num planeta que é formado por três quartos de água. Há milhares de anos que sente curiosidade em saber o que está escondido nas profundezas dos oceanos, daí a exploração subaquática ter as suas origens em civilizações primitivas, com mergulhos livres em águas rasas e com o objetivo de coletar alimentos ou materiais de valor. Nas últimas décadas a prática evoluiu de tal forma que hoje o mergulho é uma forma de lazer acessível a todas as pessoas. Graças à crescente popularidade da prática do mergulho, atualmente em todo o mundo, milhões de pessoas praticam-no. Estima-se que existam mais de 10 milhões de mergulhadores em todo o mundo(1). Existem três tipos distintos de mergulho: Mergulho de Apneia e Snorkeling (requer uma inspiração forçada por parte do mergulhador que nada submerso durante um tempo limitado)(2); Mergulho Semi-Autônomo (mergulho com abastecimento de ar da superfície através de máscaras ou capacetes)(3) e Mergulho Autônomo que pode ter um sistema de circuito aberto (SCUBA) ou fechado. Enquanto o primeiro corresponde a 99% dos mergulhos desportivos, o segundo, por não produzir bolhas, é utilizado nas operações militares(4).

Sabemos que a prática do mergulho pode ser efetuada em diferentes locais, a diferentes temperaturas e profundidades. Apesar de ser considerado uma prática desportiva segura, existem alguns perigos inerentes, pois os mergulhadores encontram-se expostos a lesões associadas à área da otorrinolaringologia, sendo a mais comum, o barotraumatismo do ouvido médio(5).

O ouvido é constituído por 3 porções: externa, média e interna (Fig.1(6)). O ouvido externo, responsável pela produção de cerúmen através de várias glândulas, está dividido em pavilhão auricular e canal auditivo externo(7). Separado do ouvido externo pela membrana timpânica, o ouvido médio é uma cavidade preenchida por ar, contida no osso temporal. A sua função é conduzir o som para o ouvido interno

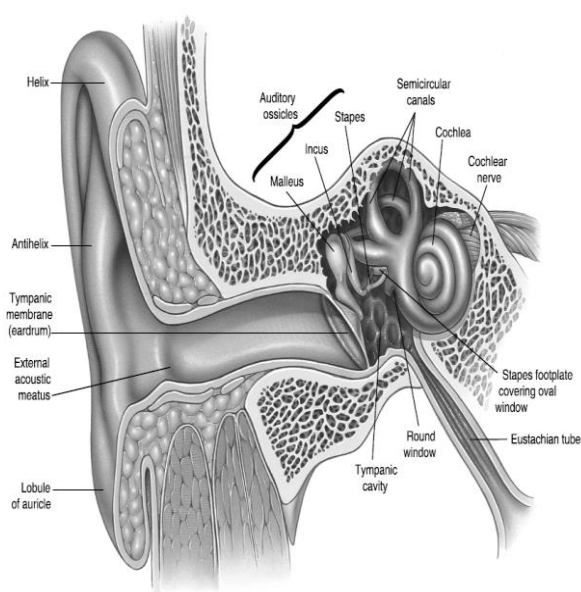


Fig.1 – Anatomia do ouvido

por meio de uma cadeia de três ossículos móveis (martelo, bigorna e estribo) que ligam o tímpano à janela oval na parede interna do ouvido médio. Para além disso, comunica com a faringe através da trompa de Eustáquio. O ouvido interno tem uma estrutura extremamente complexa daí ser referido como labirinto. É constituído pela cóclea, vestíbulo e três canais semicirculares. O espaço entre o labirinto ósseo e o membranoso é preenchido por perilinfa enquanto o espaço dentro do labirinto membranoso é preenchido por endolinfa(8).

Segundo um estudo realizado entre janeiro de 2002 e outubro de 2005 (Fig.2), com mais de três centenas de pacientes, verificaram-se vários distúrbios relacionados com o mergulho: 8% com distúrbios do ouvido externo, 46% com distúrbios do ouvido médio, 18% com distúrbios do ouvido interno, 17% com distúrbios do nariz e seios, 8% com doença descompressiva e 3% que se queixaram de vários sintomas. O distúrbio mais comum foi a disfunção da trompa de Eustáquio (24%) sendo o ouvido médio a principal área problemática para os mergulhadores(9). As manifestações clínicas das lesões de mergulho podem ocorrer durante o mergulho ou até 24 horas depois(10).

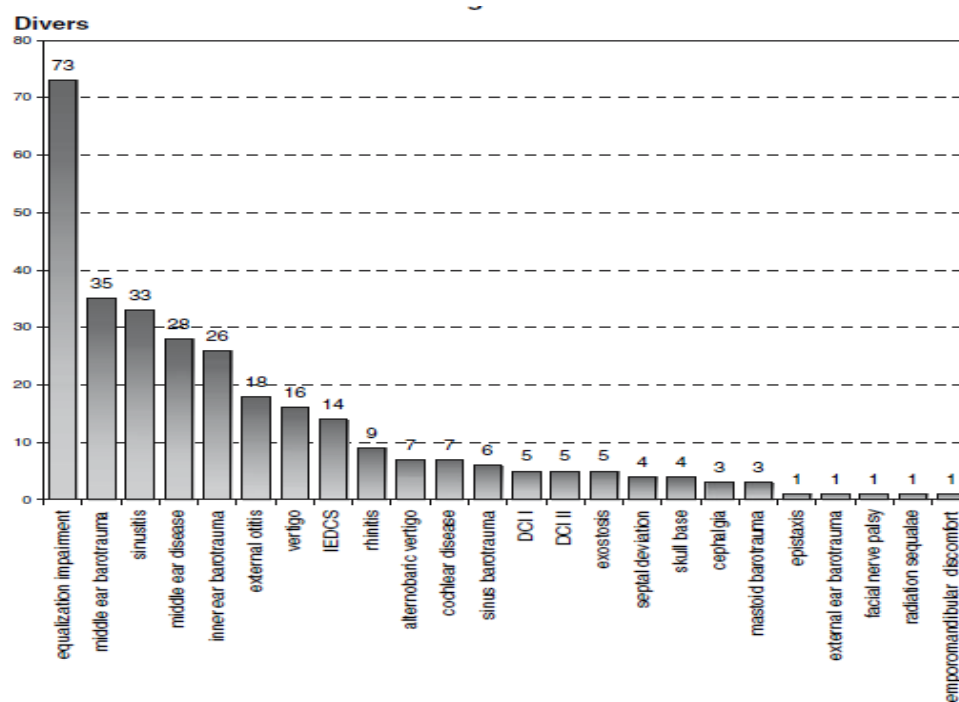


Fig.2 – Estudo de 306 mergulhadores

Atendendo a que a prática do mergulho pode provocar distúrbios auditivos permanentes, é aconselhável que, sobretudo nos principiantes da modalidade, seja feita

uma avaliação física e um alerta sobre as técnicas mais adequadas para prevenir o barotrauma do ouvido(9).

1. Princípios Físicos do Mergulho

Os princípios físicos estão intimamente ligados às variações de pressão sendo, deste modo, importantes na compreensão da fisiologia do mergulho e dos problemas inerentes à sua prática. Sabemos que as alterações de pressão não afetam diretamente os tecidos humanos compostos, essencialmente, por fluidos não compressíveis. No entanto, como os gases são compressíveis, os espaços do nosso corpo preenchidos por ar estão facilmente sujeitos às alterações provocadas pela variações de pressão(11).

Sendo a água um meio muito mais denso que o ar, pequenas alterações na profundidade resultam em grandes alterações de pressão. Como a água não é compressível, a pressão aumenta linearmente a uma taxa de 1 atm a cada 10 m (Fig.3(12)). Contrariamente, no ar uma mudança de pressão de 0,5 atm requer uma elevação de 5486m(5). Estas diferenças de pressão entre a água e o ar explicam o motivo pelas quais as lesões barotraumáticas ocorrem mais frequentemente após a realização de um mergulho do que uma viagem de avião.

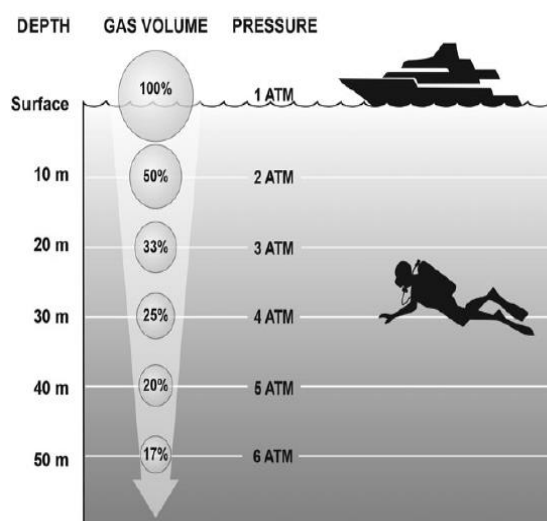


Fig.3 – Mudanças de volume e pressão debaixo de água

Tendo em conta os princípios físicos do mergulho, é essencial abordar 3 leis, nomeadamente a de Boyle, de Dalton e de Henry.

1.1. Lei de Boyle

A lei de Boyle afirma que a uma dada temperatura, o volume de gás é inversamente proporcional à pressão do ambiente (13). Assim sendo, no mergulho, o ar isolado no

ouvido médio diminui de volume na descida devido ao aumento da pressão e contrariamente aumenta de volume na subida devido à diminuição da pressão. Se o mergulhador, tanto na descida como na subida, não equalizar a pressão do ouvido médio com a pressão ambiente poderá ocorrer edema da mucosa, hemorragia ou até rutura da membrana timpânica(14).

1.2. Lei de Dalton

A lei de Dalton determina que numa mistura de gases, a pressão de cada gás é independente da pressão dos outros, sendo a pressão total igual à soma das pressões parciais dos gases. Assim sendo, com o aumento da profundidade e consequentemente da pressão, aumentam também as pressões parciais dos gases que compõem o ar atmosférico(15).

1.3. Lei de Henry

A lei de Henry refere que, a uma temperatura constante, a quantidade de gás que se irá dissolver num líquido é diretamente proporcional à pressão parcial desse gás sobre esse líquido(16). Deste modo, quanto maior a profundidade do mergulho, maior será a pressão parcial a que os gases estão submetidos resultando numa maior dissolução dos mesmos nos fluidos tecidulares. Pelo contrário, na subida, com a diminuição da pressão parcial, o gás tende a formar bolhas. Esta lei descreve o princípio básico da doença descompressiva(11).

2. Barotraumatismo do ouvido médio

De acordo com a lei de Boyle, durante a descida e subida, os gases contidos nas diversas cavidades do corpo, como pulmões, ouvidos, seios perinasais, trato gastrointestinal e espaços com ar nas obturações dentárias, sofrem alterações de volume que necessitam de ser compensadas pelas cavidades. Quando a alteração do volume é mais rápida que a capacidade de adaptação do tecido circundante, pode ocorrer

barotrauma. Este apresenta diferentes manifestações clínicas de acordo com a localização e a gravidade da lesão(17).

O barotrauma do ouvido médio é a lesão mais frequente entre os mergulhadores(5). O ouvido médio estabelece comunicação com a rinofaringe através da trompa de Eustáquio, permitindo a entrada do ar no ouvido médio de forma a equalizar as pressões do ar atmosférico, interna e externa. Quando essa equalização não ocorre corretamente, pode-se ter desde um desconforto até um Barotrauma.

São vários os fatores que influenciam o ouvido médio e a função da trompa de Eustáquio e portanto, a capacidade de equalizar corretamente a pressão no ouvido médio. Temos como exemplos, o historial médico e experiência de mergulho dos mergulhadores; o perfil de profundidade; o número de mergulhos realizados por dia; a temperatura do ar e da água; a salinidade e a densidade(18). Prova disto, temos como exemplo estudos realizados que mostram que os mergulhos mais rasos requerem equalização de pressão ativa e passiva mais frequente e provavelmente estão associados a um risco aumentado de barotrauma(19).

O barotrauma do ouvido médio pode ocorrer tanto na descida como na subida, contudo é na descida que este ocorre mais frequentemente(20).

A equalização do ouvido médio é baseada na função da trompa de Eustáquio. Durante a descida, há um aumento da pressão externa contra a membrana timpânica, pois a trompa de Eustáquio não permite que o ar flua para o ouvido médio para igualar a pressão. A membrana timpânica pode romper, dependendo da sua fragilidade e velocidade e profundidade da descida(12).

Durante a subida, a equalização é mais passiva pois o ar no espaço do ouvido médio expande-se e forma-se um gradiente de pressão que empurra a membrana timpânica para fora. A dificuldade de equalização na subida geralmente é secundária ao barotrauma e à inflamação ocorrida durante a descida (12).

A equalização do ouvido médio é essencial, devendo ser feita a cada meio metro de mudança de profundidade, com a descida na posição de cabeça para cima. A incapacidade do mergulhador equalizar a pressão entre o ouvido médio e o meio ambiente leva a que médicos e monitores de mergulho insistam na instrução de diversas técnicas de compensação dos ouvidos. Estas são essenciais para um correto e seguro

mergulho, devendo ser iniciadas na superfície, no entanto, quando não são efetuadas da melhor maneira podem ser responsáveis pela formação de barotrauma(14). Prova disto, são alguns estudos que mostram que os mergulhadores mais experientes não apresentam barotrauma do ouvido médio com tanta frequência e gravidade.

2.1. Técnicas de equalização

Três das manobras de equalização mais comuns e eficazes são a de Valsalva (mais usada), a de Frenzel e a de Toynbee. Contudo, existem outras técnicas além das anteriores.(12,14)

Manobra de Valsalva: expiração forçada contra os lábios e o nariz fechados, levando à passagem do ar até ao ouvido médio e ao aumento da pressão na via respiratória e na cavidade torácica.

Manobra de Frenzel: é mais segura, porém mais difícil de ser ensinada e executada. A glote e os lábios são fechados ao mesmo tempo em que se tapa o nariz e promove-se a contração dos músculos do pavimento da boca e da faringe. O aumento da pressão, durante esta manobra, é apenas no interior da nasofaringe e requer menor aumento de pressão comparado com a Manobra de Valsalva.

Manobra de Toynbee: deglutição com a boca e fossas nasais encerradas.

Manobra de Lowry: combinação das manobras de Valsalva e de Toynbee (tapar as narinas, soprar e engolir ao mesmo tempo).

Manobra de Edmonds: exalação de ar contra o nariz e lábios fechados com a mandíbula projetada para a frente).

Técnica BTV: contração dos músculos do palato e projeção da mandíbula para a frente.

2.2. Clínica

Apesar da pressão e dor no ouvido, muitos mergulhadores inexperientes continuam a descer para evitar a separação do grupo. As tentativas de equalizar a pressão nos

ouvidos são geralmente ineficazes porque as trompas de Eustáquio bloqueiam irreversivelmente com um diferencial de pressão de aproximadamente 90 mmHg, equivalente à pressão a uma profundidade 1,37 m. É perto da superfície que ocorrem as maiores mudanças de volume (momento mais difícil de equalizar as pressões) sabendo-se que a membrana timpânica pode romper-se em menos de 1,22 m de água, se a pressão não for igualada(5). Deste modo, caso o mergulhador não interrompa a descida ou não consiga ultrapassar o bloqueio da trompa de Eustáquio, podem ocorrer uma variedade de problemas auditivos.

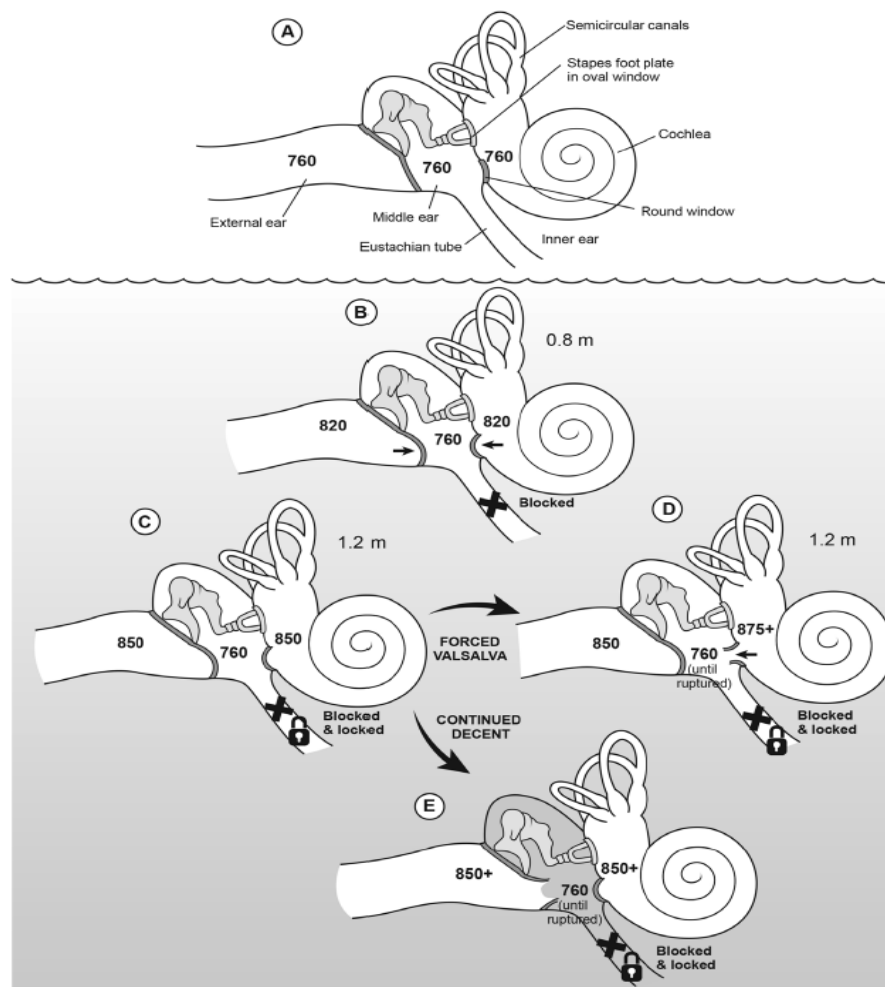


Fig.4 – Gradientes de pressão na descida entre o ouvido externo, médio e interno. (A) Na superfície, a pressão nos três espaços é de 760 torr. (B) Depois de descer 0,8 metros, sem equalização do ouvido médio, a pressão no ouvido médio permanece em 760 torr, enquanto o ouvido externo e interno passa a 820 torr. Com um diferencial de pressão de 60 torr, ocorre, normalmente, sensação de plenitude e dor e a trompa de Eustáquio fica bloqueada. (C) Com a descida contínua para 1,2 metros, sem equalização do ouvido médio, o diferencial aumenta para aproximadamente 90 torr. A trompa de Eustáquio fica então bloqueada e pode tornar-se impossível abri-la voluntariamente. (D) Uma manobra de Valsalva forte pode aumentar a pressão no líquido cefalorraquidiano e, portanto, no ouvido interno, e piorar o diferencial de pressão entre os espaços do ouvido médio e interno, podendo ocorrer a rutura das janelas redondas ou ovais. (E) Descida contínua sem equalização do ouvido médio levará a um derrame no ouvido médio, hemorragia ou rutura da membrana timpânica(12)

O barotrauma do ouvido médio pode ocorrer unilateral ou bilateralmente. Os seus sintomas variam de acordo com a gravidade da lesão (ligeira, moderada e grave), podendo desaparecer logo depois da exposição à diferença de pressões ou permanecer por algumas horas, dias ou semanas. O barotrauma ligeiro pode apresentar sintomas como otalgia; sensação de plenitude auricular; zumbido e hipoacusia de condução, sendo estes mais graves quando o barotrauma é moderado. Podemos considerar que a lesão é grave quando há ocorrência de otalgia severa (por vezes incapacitante); perda severa da audição (geralmente condutiva); zumbido muito intenso; hemorragia; rutura timpânica e vertigem, podendo esta última resultar de duas causas diferentes(6,10,11). A primeira deve-se à rutura da membrana timpânica que, ao permitir que a água fria entre no ouvido médio, leva a uma estimulação calórica assimétrica e consequentemente a vertigens, náuseas e sensação de desorientação(21). A segunda é a vertigem alternobárica que é de curta duração (segundos a minutos), transitória e autolimitada causada por pressões assimétricas entre os ouvidos médio e interno. Estudos demonstram que esta vertigem é mais comum em mulheres e mergulhadores com dificuldade na equalização do ouvido médio(12). Uma outra complicação, rara no mergulho e por vezes associada à vertigem alternobárica, é a paralisia do nervo facial associada a uma alteração aguda da pressão no ouvido médio durante a subida, nos mergulhadores que tiveram dificuldade em equalizar a pressão no ouvido médio durante a descida anterior. Crê-se que a pressão excessiva exercida sobre o nervo facial, através de uma deiscência da porção horizontal do canal de Falópio, comprima os vasos nervosos causando hipóxia e consequentemente neuropraxia temporária(22). Para além de todas as complicações supracitadas, um estado de constante inflamação ou barotraumas repetidos podem causar otites médias e perfuração crónica da membrana timpânica(23).

Com base na avaliação otoscópica e aparência da membrana timpânica, o barotrauma do ouvido médio é classificado em 6 graus (Figs. 4-9(24)) segundo a Escala de Edmonds(25):

- Grau 0 – sintomas sem sinais;
- Grau 1 – retração da membrana timpânica;
- Grau 2 – retração da membrana timpânica com pontos hemorrágicos;
- Grau 3 – hemorragia difusa na membrana timpânica;

- Grau 4 – hemotímpano, evidenciado pela coloração azulada e abaulamento da membrana timpânica;
- Grau 5 – perfuração da membrana timpânica.

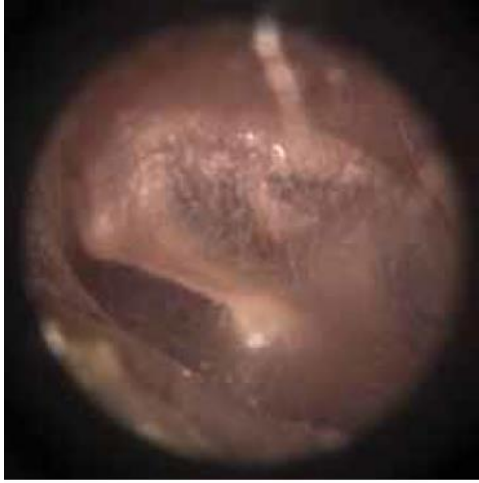


Fig. 5 – Grau 0



Fig. 6 – Grau 1



Fig. 7 – Grau 2



Fig. 8 – Grau 3

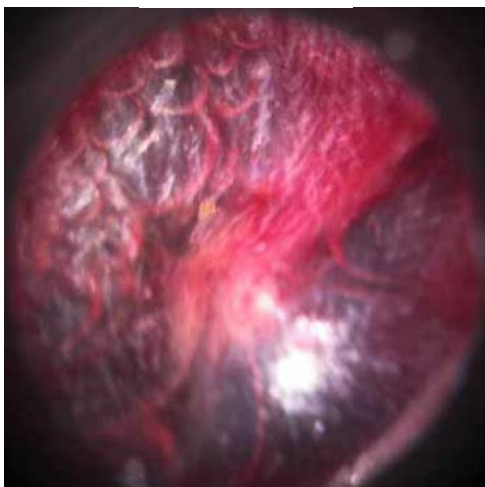


Fig. 9 – Grau 4



Fig. 10 – Grau 5

2.3. Tratamento

A maioria dos sintomas do barotrauma do ouvido médio apresenta uma curta duração podendo ser resolvidos sem a necessidade de intervenção médica.

Geralmente é sintomático, sendo utilizados descongestionantes locais ou sistêmicos, analgésicos e, por vezes, quando a recuperação é lenta, podem ser administrados corticosteroides. Quando há evidência de infecção no ouvido médio há necessidade de administrar antibiótico. No caso do paciente apresentar sintomas graves ou persistentes pode ser necessário a realização de procedimentos cirúrgicos como timpanoplastia ou miringotomia.(26)

Até a resolução do barotrauma, é aconselhável que o doente evite a realização do mergulho ou de outras atividades que impliquem variações de pressão.

2.4. Prevenção

Na prevenção da patologia do barotrauma é essencial o bom funcionamento da trompa de Eustáquio. Deste modo, qualquer alteração que afete o seu correto funcionamento, como por exemplo, infecções do trato respiratório superior, rinite alérgica, congestão nasal e desvio do septo nasal devem ser avaliados e tratados antes de iniciar a prática do mergulho(25).

Uma outra forma preventiva de barotrauma passa pela educação dos mergulhadores. É fundamental que antes de iniciar o mergulho, os praticantes desta atividade sejam ensinados, quer pelo instrutor quer pelo médico, a realizar corretamente as manobras de equalização durante todo o mergulho. Desta forma, devem ser aconselhados a iniciar a equalização do ouvido médio à superfície e a realizar manobras de equalização três vezes por metro durante a descida até atingir 5 m de profundidade. Caso a equalização não seja efetuada da melhor maneira, o mergulhador deverá emergir, de forma a reduzir as diferenças de pressão, repetir as manobras e reduzir a velocidade de descida. Se a trompa de Eustáquio persistir bloqueada, o mergulhador deve interromper o mergulho para evitar barotrauma(9).

Para além das formas preventivas supracitadas, recomenda-se o uso de descongestionantes orais, mais seguros que os tópicos (nasais), e anti-histamínicos para a redução da incidência de barotrauma do ouvido médio. Apesar de ser recomendado por alguns médicos, o uso de descongestionantes nasais e sistémicos continua a ser controverso. São também recomendados fármacos que reduzam a inflamação e o edema das membranas mucosas como os anti-inflamatórios não esteróides. Contudo, tendo em conta o tipo de mergulho que é efetuado pelo mergulhador, é importante que os médicos tenham sempre em conta as possíveis interações medicamentosas, efeitos adversos e semi-vida dos fármacos prescritos (6).

Para complementar as várias medidas preventivas existentes, é necessário também que o mergulhador tenha em atenção algumas contraindicações relativas e absolutas(27), relativamente à realização de futuros mergulhos.

Contraindicações Relativas: otite externa; estenose incompleta do canal auditivo e disfunção crónica da trompa de Eustáquio com manobra de Valsalva comprometida.

Contraindicações Absolutas: edema acentuado do canal auditivo; estenose completa do canal auditivo; disfunção aguda da trompa de Eustáquio em que a equalização através da manobra de Valsalva não é possível; tímpano perfurado; cicatrização atrófica instável do tímpano; drenagem timpânica (pode ser possível com uma máscara de mergulho especial que protege os ouvidos do contato com a água); história de perda auditiva aguda (com manifestações vestibulares; fase aguda da perda auditiva; fase aguda do zumbido).

Agradecimentos

Agradeço a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse realizado, em particular ao Professor Dr. Óscar Dias por me ter dado a oportunidade de realizar o trabalho final de mestrado na área de Otorrinolaringologia e ao Dr. Filipe Caldeira pelo apoio prestado na elaboração do mesmo.

Gostaria igualmente de agradecer à minha família, em especial à minha mãe, o apoio incondicional que me deu ao longo deste trabalho e nos seis anos de curso.

Bibliografia

1. Uzun C. Evaluation of predictive parameters related to eustachian tube dysfunction for symptomatic middle ear barotrauma in divers. *Otol Neurotol Off Publ Am Otol Soc Am Neurotol Soc Eur Acad Otol Neurotol*. Janeiro de 2005;26(1):59–64.
2. Jennings G, editor. *Water-based tourism, sport, leisure, and recreation experiences*. Oxford ; New York: Elsevier; 2007. 260 p.
3. Levett DZH, Millar IL. Bubble trouble: a review of diving physiology and disease. *Postgrad Med J*. 1 de Novembro de 2008;84(997):571–8.
4. HALL JE. *GUYTON AND HALL TEXTBOOK OF MEDICAL PHYSIOLOGY*. S.l.: ELSEVIER - HEALTH SCIENCE; 2020.
5. Becker GD, Parell GJ. Barotrauma of the ears and sinuses after scuba diving. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol Off J Eur Fed Oto-Rhino-Laryngol Soc EUFOS Affil Ger Soc Oto-Rhino-Laryngol - Head Neck Surg*. Maio de 2001;258(4):159–63.
6. Lynch JH, Deaton TG. Barotrauma with extreme pressures in sport: from scuba to skydiving. *Curr Sports Med Rep*. Abril de 2014;13(2):107–12.
7. Wang M-C, Liu C-Y, Shiao A-S, Wang T. Ear problems in swimmers. *J Chin Med Assoc JCMA*. Agosto de 2005;68(8):347–52.
8. Ito J, editor. *Regenerative medicine for the inner ear*. Tokyo: Springer; 2014. 321 p.
9. Klingmann C, Praetorius M, Baumann I, Plinkert PK. Otorhinolaryngologic disorders and diving accidents: an analysis of 306 divers. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol Off J Eur Fed Oto-Rhino-Laryngol Soc EUFOS Affil Ger Soc Oto-Rhino-Laryngol - Head Neck Surg*. Outubro de 2007;264(10):1243–51.
10. DeGorordo A, Vallejo-Manzur F, Chanin K, Varon J. Diving emergencies. *Resuscitation*. Novembro de 2003;59(2):171–80.
11. Passerotti GH. *BAROTRAUMA EM OTORRINOLARINGOLOGIA*. 2003.

12. Mallen JR, Roberts DS. SCUBA Medicine for otolaryngologists: Part I. Diving into SCUBA physiology and injury prevention. *The Laryngoscope*. Janeiro de 2020;130(1):52–8.
13. Bove AA, Davis JC, editores. Bove and Davis' diving medicine. 4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2004. 623 p.
14. Edmonds C, Bennett M, Lippmann J, Mitchell S. Diving and subaquatic medicine. Fifth edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group; 2016. 835 p.
15. Silberberg MS, Weberg EB. Chemistry: the molecular nature of matter and change. 5th ed. Boston: McGraw-Hill; 2009. 1 p.
16. III. Experiments on the quantity of gases absorbed by water, at different temperatures, and under different pressures. *Philos Trans R Soc Lond*. 31 de Dezembro de 1803;93:29–274.
17. Desforges JF, Melamed Y, Shupak A, Bitterman H. Medical Problems Associated with Underwater Diving. *N Engl J Med*. 2 de Janeiro de 1992;326(1):30–5.
18. Jansen S, Boor M, Meyer MF, Pracht ED, Volland R, Klünter HD, et al. Influence of repetitive diving in freshwater on pressure equalization and Eustachian tube function in recreational scuba divers. *Diving Hyperb Med*. Dezembro de 2017;47(4):223–7.
19. Molvaer OI, Natrud E. Ear damage due to diving. *Acta Oto-Laryngol Suppl*. 1979;360:187–9.
20. Azizi MH. Ear disorders in scuba divers. *Int J Occup Environ Med*. Janeiro de 2011;2(1):20–6.
21. Hamilton-Farrell M, Bhattacharyya A. Barotrauma. *Injury*. Abril de 2004;35(4):359–70.
22. Hyams AF, Toynton SC, Jaramillo M, Stone LR, Bryson PJ. Facial baroparesis secondary to middle-ear over-pressure: a rare complication of scuba diving. *J Laryngol Otol*. Setembro de 2004;118(9):721–3.

23. Bove AA. Diving medicine. *Am J Respir Crit Care Med*. 15 de Junho de 2014;189(12):1479–86.
24. Blake DF, Gibbs CR, Commons KH, Brown LH. Middle ear barotrauma in a tourist-oriented, condensed open-water diver certification course: incidence and effect of language of instruction. *Diving Hyperb Med*. Setembro de 2015;45(3):176–80.
25. Uzun C, Adali MK, Koten M, Yagiz R, Aydin S, Cakir B, et al. Relationship between mastoid pneumatization and middle ear barotrauma in divers. *The Laryngoscope*. Fevereiro de 2002;112(2):287–91.
26. Mallen JR, Roberts DS. SCUBA Medicine for Otolaryngologists: Part II. Diagnostic, Treatment, and Dive Fitness Recommendations. *The Laryngoscope*. Janeiro de 2020;130(1):59–64.
27. Eichhorn L, Leyk D. Diving medicine in clinical practice. *Dtsch Arzteblatt Int*. 27 de Fevereiro de 2015;112(9):147–57; quiz 158.